

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung



Aktenzeichen:

103 07 462.7

Anmeldetag:

21. Februar 2003

Anmelder/Inhaber:

ROBERT BOSCH GMBH, Stuttgart/DE

Bezeichnung:

Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung der Antriebseinheit eines Fahrzeugs

IPC:

B 60 K, F 16 D



Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 3. Dezember 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

EV332460015

5 30.01.03 St/Kei

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung der Antriebseinheit eines Fahrzeugs

Stand der Technik

15 Die Erfindung geht von einem Verfahren und von einer Vorrichtung zur Steuerung der Antriebseinheit eines Fahrzeugs nach der Gattung der unabhängigen Ansprüche aus.

20 In manchen Fahrzeugen ist es möglich, über ein Steuergerät die Kupplung elektrisch zu betätigen, wenn diese mit einem sogenannten automatisierten Schaltgetriebe oder einem Komfortschaltgetriebe ausgerüstet sind. In einem Schubbetrieb wird derzeit die Kupplung zwischen Motor und Getriebe nicht geöffnet, was ein Abbremsen des Fahrzeugs bewirkt, hervorgerufen durch die Verdichterarbeit des Motors und die Reibung. Weiterhin sind Freilaufgetriebe bekannt, die diesen Nachteil nicht aufweisen, da sie nur im Antriebsfall das Motormoment übertragen, das Motorbremsmoment im Schubbetrieb dagegen nicht.

25 Dabei muss die Fahrzeugverzögerung jedoch immer durch die Fahrzeugbremse erfolgen, welche dann insbesondere bei längeren Bergabfahrten überhitzen kann.

Bekannt sind auch elektronische Getriebeautomaten, die auf Anforderung eines Steuergerätes bestimmte Gänge einlegen, auch „Neutral“, in der keine Motormomente übertragen werden.

30

Bekannt sind auch Motor-Start-Stopp-Systeme, die jedoch nur bei Fahrzeugstillstand wirken.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren und die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Steuerung der Antriebseinheit eines Fahrzeugs mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche hat demgegenüber den Vorteil, dass beim Übergang zwischen einem Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung und dem Freilaufbetrieb eine Ausgangsgröße der Antriebseinheit, vorzugsweise ein Drehmoment oder eine Fahrzeuggeschwindigkeit, auf einen konstanten Wert eingestellt wird. Auf diese Weise werden beim Übergang zwischen dem Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung und dem Freilaufbetrieb unerwünschte Beschleunigungen und Verzögerungen vermieden und der Übergang somit komfortabler.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der konstante Wert für die Ausgangsgröße durch Koordination eines Kupplungseingriffs und eines Eingriffs einer Fahrzeugbremse eingestellt wird. Auf diese Weise lassen sich die genannten Verzögerungen und Beschleunigungen beim Übergang zwischen dem Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung und dem Freilaufbetrieb besonders einfach und sicher vermeiden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der konstante Wert für die Ausgangsgröße mittels einer Regelung eingestellt wird. Auf diese Weise kann die Einstellung des konstanten Wertes für die Ausgangsgröße mit vernachlässigbarer Toleranz sichergestellt werden.

Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn der konstante Wert für die Ausgangsgröße mit Hilfe eines Kennfeldes in Abhängigkeit einer Motordrehzahl, einer Fahrzeugmasse, eines Motorschleppmomentes, eines Gefälles der Fahrbahn und einer aktuellen Getriebeübersetzung, insbesondere eines eingelegten Ganges oder einer eingelegten Fahrstufe, eingestellt wird. Auf diese Weise lässt sich der konstante Wert für die Ausgangsgröße besonders einfach und ohne Regelkreis realisieren.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass nach dem Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung in den Freilaufbetrieb eine Bremswirkung einer aktivierten Fahrzeugbremse abhängig von der Fahrsituation oder dem Betriebszustand der An-

triebseinheit zurückgenommen wird. Auf diese Weise wird nach dem Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung zum Freilaufbetrieb eine unerwünscht starke Fahrzeugbeschleunigung vermieden und der Fahrkomfort erhöht.

5 Vorteilhaft ist außerdem, wenn vor dem Übergang vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung eine Bremswirkung einer Fahrzeugbremse abhängig von der Fahrsituation oder dem Betriebszustand der Antriebseinheit erhöht wird. Auf diese Weise wird beim Übergang vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung eine unerwünscht starke Fahrzeugverzögerung vermieden und der Fahrkomfort erhöht.

10 Besonders vorteilhaft ist es, wenn im Freilaufbetrieb ein Verbrennungsmotor der Brennkraftmaschine ausgeschaltet wird.

Auf diese Weise lassen sich der Kraftstoffverbrauch und der Schadstoffausstoß am einfachsten und in größtem Ausmaß reduzieren.

15 Besonders vorteilhaft ist es, wenn vor dem Übergang vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung ein Verbrennungsantrieb durch den Motor des Fahrzeugs durch sequenzielles Einsetzen der Kraftstoffeinspritzung, mit Hilfe einer Füllungsregelung und/oder mit Unterstützung durch einen Elektromotor wieder eingeschaltet
20 wird. Auf diese Weise lässt sich ein möglichst ruckfreies Wiedereinschalten des Motors realisieren und damit der Komfort für den Fahrer erhöhen.

25 Ein weiterer Vorteil ergibt sich, wenn bevor der Verbrennungsmotor wieder mit dem Antriebsstrang verbunden wird, die Motordrehzahl auf eine vorgegebene Drehzahldifferenz zur Drehzahl des Antriebsstranges geregelt wird. Auch auf diese Weise lässt sich der Verbrennungsmotor möglichst ruckfrei wieder einschalten.

Zeichnung

30 Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen

- Figur 1 einen Ablaufplan zur Beschreibung des erfindungsgemäßen Verfahrens,
Figur 2 ein erstes Ausführungsbeispiel und
Figur 3 ein zweites Ausführungsbeispiel für alternative Abläufe in einem Teil
des in Figur 1 dargestellten Ablaufdiagramms,
5 Figur 4 ein Blockschaltbild für einen Regelkreis zur Einstellung eines konstanten Wertes für eine Ausgangsgröße der Antriebseinheit beim Übergang zwischen einem Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung und dem Freilaufbetrieb,
Figur 5 ein Blockschaltbild für eine Steuerung zur Einstellung des konstanten
10 Wertes für die Ausgangsgröße der Antriebseinheit beim Übergang zwischen dem Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung und dem Freilaufbetrieb,
Figur 6 einen ersten Ablaufplan für den Ablauf der Regelung zur Einstellung eines konstanten Wertes für eine Ausgangsgröße der Antriebseinheit
15 beim Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung zum Freilaufbetrieb,
Figur 7 einen zweiten Ablaufplan für den Ablauf der Regelung zur Einstellung eines konstanten Wertes für eine Ausgangsgröße der Antriebseinheit
20 beim Übergang vom Freilaufbetrieb zum Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung,
Figur 8 einen ersten zeitlichen Verlauf eines Kupplungs- und eines Fahrzeug-
bremseingriffs für die Steuerung zur Einstellung des konstanten Wertes
für die Ausgangsgröße der Antriebseinheit beim Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung zum Freilaufbetrieb,
25 Figur 9 einen zweiten zeitlichen Verlauf des Kupplungs- und des Fahrzeug-
bremseingriffs für die Steuerung zur Einstellung des konstanten Wertes
für die Ausgangsgröße der Antriebseinheit beim Übergang vom Freilaufbetrieb zum Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung und
Figur 10 ein Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm zur Veranschaulichung der Wirkungs-
30 weise des erfindungsgemäßen Verfahrens und der erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise in einem Motor-, einem Getriebe- und/oder einem Kupplungssteuergerät eines Fahrzeugs beispielsweise in Form eines Computerprogramms realisiert sein. Das Fahrzeug soll in diesem Ausführungsbeispiel beispielhaft mit einem Verbrennungsmotor versehen sein. Beim Betreiben des Fahrzeugs
5 gibt es Fahrzustände, in denen der Verbrennungsmotor des Fahrzeugs nicht antreibt, sondern in einem sogenannten Schubbetrieb mehr oder weniger bremsend wirkt. In diesem Schubbetrieb wird von den bewegten Antriebsrädern über das Getriebe und die Kupplung ein Motorbremsmoment zum Motor übertragen. Der Schubbetrieb tritt dabei insbesondere dann auf, wenn der Fahrer den Fuß vom Fahrpedal nimmt. Dies bedeutet aber noch nicht
10 in jedem Fall, dass der Fahrer das Fahrzeug mittels des Motorbremsmomentes, also der sogenannten Motorbremse, auch tatsächlich abbremst. Deshalb wird erfindungsgemäß bei Detektion des Schubbetriebes zunächst die Übertragung des Motorbremsmomentes zum Motor unterbrochen, indem beispielsweise die Kupplung geöffnet wird. Der Schubbetrieb kann dabei beispielsweise dadurch detektiert werden, dass für eine erste
15 vorgegebene Zeit eine Betätigung des Fahrpedals ausbleibt. Auf diese Weise entfällt die Motorbremse und das Fahrzeug wird weniger stark verzögert. Dadurch wird erreicht, dass sich das Fahrzeug im Leerlauf befindet, so dass die Rollphasen länger werden als mit aktivierter Motorbremse. Der Kraftstoffverbrauch und der Schadstoffausstoß pro Fahrtstrecke werden auf diese Weise reduziert. Weiterhin kann der Verbrennungsmotor auch ab-
20 geschaltet werden, so dass der Kraftstoffverbrauch und der Schadstoffausstoß pro Fahrtstrecke noch weiter reduziert werden. Eine solche Abschaltung des Verbrennungsmotors hat den zusätzlichen Vorteil, dass ein gegebenenfalls vorhandener Katalysator nicht mehr von kühler Luft durchströmt wird. Das bedeutet, dass der Katalysator bei einem Abschalten des Verbrennungsmotors erheblich weniger auskühlt, als während des Schubbetriebes. Dies führt zu geringeren Schadstoffemissionen bei einem nachfolgenden Motorstart.

Weist die Fahrbahn ein Gefälle auf, so kann anhand der aus der Fahrgeschwindigkeit abgeleiteten Beschleunigung des Fahrzeugs auf die Steigung der Fahrbahn geschlossen
30 werden. Dies kann in demjenigen Steuergerät des Fahrzeugs auf der Grundlage der gemessenen und diesem Steuergerät zugeführten Fahrzeuggeschwindigkeit erfolgen, indem das erfindungsgemäße Verfahren in Form eines Computerprogramms implementiert ist. Liegt das auf diese Weise ermittelte Gefälle oder die gemessene Beschleunigung über einem vorgegebenen Wert, so kann die Unterbrechung der Übertragung des Motorbrems-

momentes von dem Steuergerät wieder aufgehoben werden. Bei ausgeschaltetem Verbrennungsmotor ist dieser dabei zunächst wieder einzuschalten, um dann anschließend die Kupplung zu schließen und das Motorbremsmoment wieder an den Motor zu übertragen. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass bei starkem Gefälle genügend
5 Bremswirkung zum Abbremsen des Fahrzeugs vorhanden ist. Dabei kann der vorgegebene Wert für das Gefälle in dem betreffenden Steuergerät fest voreingestellt oder vom Fahrer an einer Eingabeeinheit des Fahrzeugs eingegeben werden. Das Wiedereinschalten des Verbrennungsmotors sollte möglichst ruckfrei und damit für den Fahrer möglichst komfortabel erfolgen. Idealerweise, indem die Motordrehzahl auf die Drehzahl der Antriebsachse geführt wird unter Berücksichtigung aller Getriebeübersetzungen. Dies kann
10 erreicht werden, indem die Einspritzung sequentiell einsetzt. Zusätzlich oder alternativ kann das Wiedereinschalten des Verbrennungsmotors mit Hilfe einer Füllungsregelung erfolgen, bei der durch geeignete Ansteuerung einer Drosselklappe die Luftzufuhr zu den Zylindern des Verbrennungsmotors sukzessive auf den erforderlichen Sollwert erhöht wird. Zusätzlich oder alternativ kann das Wiedereinsetzen des Verbrennungsmotors mit
15 Hilfe eines Elektromotors unterstützt werden, der beispielsweise als integrierter Starter-Generator ausgebildet sein kann. Das Wiedereinsetzen des Verbrennungsmotors mit Unterstützung des Elektromotors ermöglicht ebenfalls ein weitgehend ruckfreies Einschalten bzw. Starten des Verbrennungsmotors. Zusätzlich oder alternativ kann die Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmomentes auch wieder aufgehoben werden, wenn eine
20 zweite vorgegebene Zeit seit Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmomentes verstrichen ist. In diesem Fall wird bei ausreichend langer zweiter vorgegebener Zeit davon ausgegangen, dass der Fahrer das Fahrzeug tatsächlich abbremsen will, da er zwischenzeitlich das Fahrpedal nicht mehr betätigt und damit den Schubtrieb nicht abgebrochen hat. Insbesondere in Verbindung mit dem Gefälle der Fahrbahn kann vorgesehen
25 sein, die Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmomentes bei Überschreitung des vorgegebenen Wertes durch das Gefälle der Fahrbahn erst nach Ablauf der zweiten vorgegebenen Zeit aufzuheben und die Motorbremse wieder zu aktivieren. Auf diese Weise lässt sich bei geeigneter Wahl des vorgegebenen Gefälles und der zweiten vorgegebenen Zeit ein Kompromiss zwischen kraftstoffsparender und schadstoffreduzierender Fahrweise einerseits und Schonen der Bremsbeläge für das Abbremsen des Fahrzeugs
30 auf dem Gefälle andererseits realisieren.

Sobald der Fahrer wieder das Fahrpedal betätigt, wird die Beendigung des Schubbetriebes des Fahrzeugs detektiert, der Verbrennungsmotor in der beschriebenen Weise wieder gestartet und die Kupplung geschlossen.

5 Weiterhin kann es im Schubbetrieb des Fahrzeugs zusätzlich oder alternativ vorgesehen sein, das Motorbremsmoment wieder zu übertragen, wenn eine Bremse des Fahrzeugs betätigt wird. Die Detektion der Bremsbetätigung kann dabei ebenfalls dem Steuergerät zugeführt sein, in dem das erfindungsgemäße Verfahren realisiert ist. Anhand der Betätigung der Bremse des Fahrzeugs detektiert das Steuergerät einen Bremswunsch des Fahrers, der somit Priorität vor der Kraftstoffeinsparung hat. In diesem Fall wird zur Schonung der Bremse die Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmomentes aufgehoben und die Motorbremse im vorliegenden Schubbetrieb wieder aktiviert.

15 Zusätzlich oder alternativ kann es im Schubbetrieb des Fahrzeugs vorgesehen sein, dass das Motorbremsmoment wieder übertragen wird, wenn eine verminderte Bremswirkung der Bremse des Fahrzeugs detektiert wird. In diesem Fall ist es aus Sicherheitsgründen besonders wichtig, dass die volle Motorbremswirkung vorhanden ist. Eine verminderte Bremswirkung kann beispielsweise eintreten: bei Überhitzung der Bremsbeläge - sogenanntes Fading -, bei Bremskreisausfall, im Falle einer elektrohydraulischen oder einer elektromechanischen Bremse, bei Detektion eines Fehlers, der zum Abschalten mindestens einer Radbremse führt. Die Detektion der verminderten Bremswirkung wird dabei ebenfalls dem Steuergerät zugeführt, in dem das erfindungsgemäße Verfahren implementiert ist.

25 Ein Wiedereinschalten des Verbrennungsmotors und ein Schließen der Kupplung zur Übertragung des Motorbremsmomentes kann im Schubbetrieb des Fahrzeuges zusätzlich oder alternativ auch dann erfolgen, wenn eine vorgegebene Fahrzeuggeschwindigkeit unterschritten wird. Die detektierte Fahrzeuggeschwindigkeit wird dabei ebenfalls dem Steuergerät zugeführt, in dem das erfindungsgemäße Verfahren implementiert ist. Das
30 Unterschreiten der vorgegebenen Fahrzeuggeschwindigkeit wird dabei vom Steuergerät ebenfalls dahingehend interpretiert, dass der Fahrer tatsächlich an einem Abbremsen des Fahrzeugs interessiert ist bzw. dass mit einem baldigen Ende des Schubbetriebs und damit einem erneuten Betätigen des Fahrpedals seitens des Fahrers zu rechnen ist. Dazu ist

die vorgegebene Fahrzeuggeschwindigkeit in vorteilhafter Weise besonders klein, beispielsweise im Bereich von 10 km/h zu wählen.

Das erfindungsgemäße Verfahren ist im Folgenden anhand des Ablaufplans in Figur 1 beispielhaft näher erläutert. Das im Folgenden beschriebene Programm wird dabei wie beschrieben in einem Steuergerät des Fahrzeugs umgesetzt. Nach dem Start des Programms wird bei einem Programmpunkt 100 geprüft, ob der Verbrennungsmotor eingeschaltet und die Einleitung des Schubbetriebes freigegeben ist. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 105 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 100 zurückverzweigt.

Bei Programmpunkt 105 wird geprüft, ob der Schubbetrieb des Fahrzeugs aktiviert wurde, d.h. in diesem Beispiel, ob eine Betätigung des Fahrpedals beendet wurde. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 110 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 165 verzweigt. Die detektierte Fahrpedalstellung wird zu diesem Zweck ebenfalls dem Steuergerät zugeführt.

Bei Programmpunkt 110 wird anhand der detektierten Fahrzeuggeschwindigkeit geprüft, ob die Fahrzeuggeschwindigkeit ungleich Null ist. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 115 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 145 verzweigt. Bei Programmpunkt 145 wird ein Start/Stopp-System des Fahrzeugs aktiviert, das den Kraftschluss zwischen dem Verbrennungsmotor und dem Getriebe unterbricht und den Verbrennungsmotor abschaltet, bis das Fahrpedal vom Fahrer erneut betätigt wird. Anschließend wird das Programm verlassen. Für den Fall, dass das Fahrzeug kein Start/Stopp-System aufweist, wird vom Programmpunkt 110 gemäß der gestrichelten Linie in Figur 1 zu einem Programmpunkt 130 verzweigt, wenn bei Programmpunkt 110 festgestellt wird, dass die Fahrzeuggeschwindigkeit gleich Null ist.

Bei Programmpunkt 115 wird geprüft, ob die Bremse des Fahrzeugs nicht betätigt ist. Dazu kann beispielsweise eine Stellung des Bremspedals des Fahrzeugs ausgewertet und dem Steuergerät zugeführt werden. Ist die Bremse nicht betätigt, so wird vom Programmpunkt 115 zu einem Programmpunkt 120 verzweigt. Andernfalls wird von Programmpunkt 115 zu einem Programmpunkt 150 verzweigt.

Bei Programmpunkt 120 wird geprüft, ob seit Eintritt des Schubbetriebes bzw. seit dem vollständigen Loslassen des Fahrpedals durch den Fahrer die erste vorgegebene Zeit abgelaufen ist, die auch eine Entprellzeit darstellen kann. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 125 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 165 verzweigt.

5

Bei Programmpunkt 125 wird geprüft, ob die Fahrzeuggeschwindigkeit oberhalb eines ersten vorgegebenen Wertes, der beispielsweise 25 km/h betragen kann, liegt. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 130 verzweigt, andernfalls wird zu einem Programmpunkt 160 verzweigt.

10

Bei Programmpunkt 160 wird geprüft, ob die Fahrzeuggeschwindigkeit größer als ein zweiter vorgegebener Wert ist, der beispielsweise 10 km/h betragen kann. Ist dies der Fall, so wird das Programm verlassen, andernfalls wird zu Programmpunkt 165 verzweigt.

15

Bei Programmpunkt 130 wird die Übertragung des Motorbremsmomentes im Schubetrieb unterbrochen und damit die Motorbremse ausgeschaltet. Dies kann beispielsweise durch Öffnen der Kupplung erfolgen. Der Verbrennungsmotor wird auf diese Weise in einen Leerlaufzustand versetzt. Außerdem wird eine Programmvariable gesetzt. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 135 verzweigt.

20

Bei Programmpunkt 135 wird geprüft, ob der Verbrennungsmotor ausgeschaltet werden kann. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 140 verzweigt, andernfalls wird das Programm verlassen. Zur Prüfung, ob der Verbrennungsmotor ausgeschaltet werden kann, kann die Motortemperatur, eine Katalysatortemperatur, ein Ladezustand der Fahrzeugbatterie und/oder dergleichen ausgewertet werden. Dazu ist dem Steuergerät die Motortemperatur und/oder die Katalysatortemperatur und/oder der Ladezustand der Fahrzeugbatterie von geeigneten Messvorrichtungen zugeführt. Liegt zumindest eine der genannten Größen Motortemperatur, Katalysatortemperatur und Ladezustand der Fahrzeugbatterie über einem zugehörigen vorgegebenen Wert, so wird bei Programmpunkt 135 festgestellt, dass der Verbrennungsmotor ausgeschaltet werden kann. Sicherheitshalber kann es auch vorgesehen sein, dass alle drei genannten Größen Motortemperatur, Katalysatortemperatur und Ladezustand der Fahrzeugbatterie über dem zugehörigen vorgegebenen Wert liegen müssen, damit bei Programmpunkt 135 festgestellt werden kann, dass

25

30

der Verbrennungsmotor ausgeschaltet werden kann und zu Programmpunkt 140 verzweigt werden kann.

5 Bei Programmpunkt 140 veranlasst das Steuergerät das Ausschalten des Verbrennungsmotors beispielsweise durch Unterbrechung der Luftzufuhr zu den Zylindern oder durch Aussetzen der Zündung bei einem fremdgezündeten Verbrennungsmotor oder durch Unterbrechung der Kraftstoffeinspritzung oder durch Kombination mehrerer der genannten Maßnahmen. Anschließend wird das Programm verlassen.

10 Bei Programmpunkt 165 wird der Verbrennungsmotor vom Steuergerät vor dem Übergang vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung wieder eingeschaltet, und zwar in der beschriebenen Weise durch sequentielles Einsetzen der Kraftstoffeinspritzung, mit Hilfe einer Füllungsregelung und/oder mit Unterstützung durch den Elektromotor, damit das Einschalten des Verbrennungsmotors möglichst ruckfrei erfolgt.

15 Idealerweise, indem die Motordrehzahl auf eine bestimmte Drehzahldifferenz zur Drehzahl der Antriebsachse bzw. des Antriebsstrangs geführt wird, bevor der Verbrennungsmotor wieder mit dem Antriebsstrang verbunden wird, wobei die Getriebeübersetzungen berücksichtigt werden. Anschließend wird die Kupplung wieder geschlossen und die Programmvariable zurückgesetzt, sowie das Fahrzeug für eine erneute Einleitung eines

20 Schubbetriebes freigegeben. Liegt noch ein Schubbetrieb vor, d.h. ist das Fahrpedal nach wie vor nicht betätigt, so führt das Schließen der Kupplung dazu, dass das Motorbremsmoment wieder übertragen wird. Liegt bei Programmpunkt 165 kein Schubbetrieb vor, d.h. ist das Fahrpedal betätigt, so führt das Schließen der Kupplung zur Übertragung des Motorausgangsmomentes vom Verbrennungsmotor über die Kupplung und das Getriebe

25 auf die Antriebsräder, so dass das Fahrzeug durch den Verbrennungsmotor angetrieben wird und kein Schubbetrieb vorliegt. Anschließend wird das Programm verlassen.

Bei Programmpunkt 150 prüft das Steuergerät, ob die Programmvariable gesetzt ist. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 155 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 165 verzweigt.

30

Bei Programmpunkt 155 können in diesem Beispiel zwei verschiedene Ausführungsformen realisiert werden. Eine erste Ausführungsform zeigt Figur 2. Dabei wird zunächst bei einem Programmpunkt 200 in der zuvor beschriebenen Weise geprüft, ob das Gefälle der

Fahrbahn einen vorgegebenen Wert, beispielsweise 5%, überschreitet. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 205 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 120 gemäß Figur 1 verzweigt. Bei Programmpunkt 205 wird geprüft, ob seit der Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmomentes die zweite vorgegebene Zeit noch nicht abgelaufen ist. Ist dies der Fall, so wird zu Programmpunkt 125 gemäß Figur 1 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 165 gemäß Figur 1 verzweigt. Dabei kann zum Zeitpunkt der Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmomentes im Steuergerät ein Timer gestartet werden, dessen Laufzeit der zweiten vorgegebenen Zeit entspricht. Bei Programmpunkt 205 kann dann geprüft werden, ob der Timer noch nicht zurückgesetzt wurde, d.h. ob die zweite vorgegebene Zeit noch nicht abgelaufen ist. Die zweite vorgegebene Zeit kann abhängig von der Verzögerung oder Bremsscheibentemperatur variiert werden. Je höher die Verzögerung bzw. die Bremsscheibentemperatur ist, desto kürzer wird die zweite vorgegebene Zeit.

Gemäß der zweiten alternativen Ausführungsform wird bei Programmpunkt 155 der Figur 1 der Ablaufplan nach Figur 3 durchlaufen. Dabei wird bei einem Programmpunkt 300 geprüft, ob ein Bremsenvordruck der Fahrzeugbremse kleiner als ein vorgegebener Wert, beispielsweise 5 bar, ist. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 305 verzweigt, andernfalls wird zu einem Programmpunkt 310 verzweigt. Der Bremsenvordruck ist dabei ein Maß für die Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer. Liegt der Bremsenvordruck unter dem vorgegebenen Wert, so interpretiert dies das Steuergerät so, dass das Bremspedal vom Fahrer nur leicht betätigt wird und die gewünschte Bremswirkung im Wesentlichen durch die Motorbremse realisiert werden kann. Deshalb wird bei Programmpunkt 305 der Bremsdruck der Fahrzeugbremse vom Steuergerät unterdrückt oder eventuell nur an einer Fahrzeugachse aufgebaut. Bei Programmpunkt 305 wird zu einem Programmpunkt 315 verzweigt. Bei Programmpunkt 310 hat das Steuergerät einen Bremsenvordruck oberhalb des vorgegebenen Wertes, beispielsweise aus der gemessenen Stellung des Bremspedals detektiert und veranlasst den Aufbau eines entsprechenden Bremsdrucks, der durch Aktivierung der Motorbremse unterstützt wird. Ein Überschreiten des vorgegebenen Wertes durch den Bremsenvordruck wird dabei vom Steuergerät als starke Betätigung des Bremspedals durch den Fahrer interpretiert. Nach Programmpunkt 310 wird ebenfalls zu Programmpunkt 315 verzweigt.

Der Bremsdruckaufbau bei Programmpunkt 305 und besonders bei Programmpunkt 310 lässt sich besonders einfach und ideal mit Hilfe einer elektrohydraulischen Bremse realisieren.

5 Bei Programmpunkt 315 prüft das Steuergerät, ob eine gegebenenfalls vorhandene Motorschleppregelung des Fahrzeugs nicht aktiv ist. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 320 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 165 gemäß Figur 1 verzweigt. Bei Programmpunkt 320 wird, wie bei Programmpunkt 165 gemäß Figur 1 der
10 Verbrennungsmotor in der dort beschriebenen Weise eingeschaltet und die Kupplung zur Übertragung des Motorbremsmomentes geschlossen. Außerdem wird die Programmvariable zurückgesetzt und das Fahrzeug für die Einleitung eines neuen Schubbetriebes freigegeben. Auf diese Weise wird die Motorbremse aktiviert, ist bei Programmpunkt 320 allerdings nicht durch die Motorschleppregelung geregelt. Der Bremsdruck ist, wie zu
15 Programmpunkt 305 bzw. zu Programmpunkt 310 beschrieben, aufgebaut, beispielsweise mittels der elektrohydraulischen Bremse und kann zusätzlich durch ein Antiblockiersystem des Fahrzeugs geregelt sein.

Nach Programmpunkt 320 wird das Programm verlassen.

20 Wurde bei Programmpunkt 315 festgestellt, dass die Motorschleppregelung aktiv ist, so wird bei Programmpunkt 165 zusätzlich zu der Beschreibung gemäß Figur 1 die aktivierte Motorbremse durch die Motorschleppregelung geregelt. Der Bremsdruck wird auch hier, wie zu Programmpunkt 305 bzw. zu Programmpunkt 310 beschrieben, durch die gegebenenfalls vorhandene elektrohydraulische Bremse gegebenenfalls mit Unterstützung
25 des Antiblockiersystems des Fahrzeugs geregelt.

In einer weiteren nicht dargestellten alternativen Ausführungsform, bei der das Fahrzeug nicht über eine Motorschleppregelung verfügt und der Fahrer unter Aktivierung des Antiblockiersystemes bremst, kann es auch vorgesehen sein, trotz der Bremsbetätigung die
30 Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmomentes nicht aufzuheben und die Motorbremse nicht wieder zu aktivieren, sondern den durch Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmomentes eingestellten Fahrzustand des freien Rollens des Fahrzeugs im Leerlauf bei gegebenenfalls ausgeschaltetem Verbrennungsmotor aufrechtzuerhalten und den Bremsvorgang lediglich mittels des Antiblockiersystems zu vollziehen.

In den beschriebenen Ausführungsbeispielen wird die Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmomentes in Abhängigkeit einer Fahrsituation oder eines Betriebszustandes der Antriebseinheit aufgehoben und die Motorbremse wieder aktiviert. Die Abhängigkeit der Fahrsituation ist dabei beispielhaft durch das Befahren einer Fahrbahn mit Gefälle beschrieben. Die Abhängigkeit vom Betriebszustand der Antriebseinheit ist beispielhaft anhand der zweiten vorgegebenen Zeit, der Betätigung des Bremspedals oder der Fahrgeschwindigkeit beschrieben.

Ist das Fahrzeug mit einem Freilaufgetriebe ausgestattet, so ist auch eine elektromechanische Beeinflussung des Freilaufgetriebes dahingehend realisierbar, dass es in bestimmten Fahrsituationen, wie beispielsweise bei Fahrbahnen mit Gefälle, oder Betriebszuständen der Antriebseinheit, wie beispielsweise Betätigen der Fahrzeugbremse, Ablauf der zweiten vorgegebenen Zeit seit Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmomentes oder Fahrgeschwindigkeit die Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmomentes aufhebt und die Motorbremse wieder aktiviert.

Weiterhin kann es vorgesehen sein, dass der Fahrer des Fahrzeugs an einer Eingabeeinheit des Fahrzeugs, beispielsweise an einem Getriebewählhebel, an einem Schalter, an einem Multifunktionshebel, oder dergleichen, das beschriebene erfindungsgemäße Verfahren aktiviert, um in der beschriebenen Weise die Phase des Schubbetriebs zu verlängern und den Kraftstoffverbrauch und den Schadstoffausstoß zu minimieren. Die Aktivierung des erfindungsgemäßen Verfahrens, das eine Art Freilauffunktion mit möglichst langen Phasen freien Rollens des Fahrzeugs ermöglicht, kann auch an einer Anzeigevorrichtung des Fahrzeugs, beispielsweise einem Display eines Kombiinstrumentes des Fahrzeugs, dargestellt werden.

Im folgenden wird nun beispielhaft beschrieben, wie gemäß der Erfindung der Übergang zwischen einem Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung, also beispielsweise dem Schubbetrieb, und einem Freilaufbetrieb, bei dem sich das Fahrzeug mit geöffneter Kupplung bewegt, realisiert wird, um unerwünschte Beschleunigungen oder Verzögerungen bei einem solchen Übergang zu vermeiden.

Ziel ist es dabei, eine Ausgangsgröße der Antriebseinheit, beispielsweise ein Drehmoment oder eine Fahrzeuggeschwindigkeit, während des Übergangs im Wesentlichen auf einem konstanten Wert zu halten. Im Falle des Drehmoments kann es sich beispielsweise um ein Raddrehmoment eines oder mehrerer Antriebsräder des Fahrzeugs handeln.

5

Im folgenden soll beispielhaft angenommen werden, dass bei dem Übergang die Fahrzeuggeschwindigkeit auf einem konstanten Wert gehalten werden soll.

10

Gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung nach Figur 4 kann dabei eine erste Vorrichtung 40 zur Steuerung der Antriebseinheit vorgesehen sein, die beispielsweise in eine Motorsteuerung des Fahrzeugs integriert sein kann. Die erste Vorrichtung 40 umfasst dabei eine Regeleinheit 1. Die Regeleinheit 1 ist mit einer Sollgeschwindigkeitserfassungseinheit 5 und mit einer Istgeschwindigkeitserfassungseinheit 10 verbunden. Die Istgeschwindigkeitserfassungseinheit 10 kann beispielsweise als Geschwindigkeitssensor ausgebildet sein und misst in dem Fachmann bekannter Weise die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit, d.h. die Istgeschwindigkeit. Die Sollgeschwindigkeitserfassungseinheit 5 erfasst zu einem Zeitpunkt vor Beginn des Übergangs und nach der Detektion, wonach ein solcher Übergang erfolgen soll, also zum Beispiel nach Detektion des Schubbetriebes oder nach Detektion einer Bedingung für das Wiederübertragen des Motorbremsmomentes, die gerade vorliegende Istgeschwindigkeit und wählt sie als Sollgeschwindigkeit.

15

20

Istgeschwindigkeit und Sollgeschwindigkeit werden der Regeleinheit 1 zugeführt. Die Regeleinheit 1 ist außerdem mit einer Aktivierungseinheit 15, beispielsweise einem vom Fahrer betätigbaren Bedienelement, verbunden, über das die Regelung aktiviert oder deaktiviert werden kann.

25

30

Ferner ist die Regeleinheit 1 mit einer Kupplungsvorgabeeinheit 20 und mit einer Fahrzeugbremsvorgabeeinheit 25 verbunden. In Abhängigkeit einer Regeldifferenz zwischen der Istgeschwindigkeit und der Sollgeschwindigkeit bildet die Kupplungsvorgabeeinheit 20 eine Vorgabe für einen Kupplungseingriff und steuert eine Kupplungssteuerung 30 zur Umsetzung des Kupplungseingriffs an. In Abhängigkeit der Regeldifferenz zwischen der Istgeschwindigkeit und der Sollgeschwindigkeit bildet außerdem die Fahrzeugbremsvorgabeeinheit 25 eine Vorgabe für einen Fahrzeugbremseingriff unter steuert eine Fahrzeugbremsensteuerung 35 zur Umsetzung des Fahrzeugbremseingriffs an. Die Fahr-

zeugbremsensteuerung 35 setzt die Vorgabe für den Fahrzeugbremseingriff durch Ansteuerung einer oder mehrerer Fahrzeugbremsen um. Diese Fahrzeugbremsen können üblicherweise auch vom Fahrer durch Betätigung des Bremspedals aktiviert werden und sind von der Motorbremse zu unterscheiden.

5

Die Funktionsweise der Regeleinheit 1 ist anhand des Ablaufplans nach Figur 6 beispielhaft beschrieben. Der Ablaufplan Figur 6 beschreibt dabei den Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung zum Freilaufbetrieb und stellt eine mögliche Realisierung des Programmpunktes 130 gemäß dem Ablaufplan nach Figur 1 für die Unterbrechung der Übertragung des Motorbremsmoments im Schubbetrieb durch Öffnen der Kupplung dar. Vorausgesetzt ist, dass die Regeleinheit 1 über die Aktivierungseinheit 15 aktiviert ist. Dann wird mit Erreichen des Programmpunktes 130 gemäß Ablaufplan nach Figur 1 der Ablaufplan nach Figur 6 gestartet.

10

Bei einem Programmpunkt 405 veranlasst die Regeleinheit 1 die Kupplungsvorgabeeinheit 20 zu einen Kupplungseingriff, wonach die Kupplung des Fahrzeugs um einen vorgegebenen Inkrementwert geöffnet wird. Die Kupplungsvorgabeeinheit 20 steuert die Kupplungssteuerung 30 derart an, dass dieser vorgegebene Inkrementwert zur Öffnung der Kupplung umgesetzt wird. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 410 verzweigt.

20

Bei Programmpunkt 410 prüft die Regeleinheit 1, ob die Istgeschwindigkeit größer als die Sollgeschwindigkeit ist. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 405 verzweigt, andernfalls wird zum Programmpunkt 405 zurück verzweigt.

25

Bei Programmpunkt 415 veranlasst die Regeleinheit 1 die Fahrzeugbremsvorgabeeinheit 25 zu einen Fahrzeugbremseingriff, bei dem über die Fahrzeugbremsensteuerung 35 die Fahrzeugbremse bzw. die Fahrzeugbremsen zu einer Inkrementierung eines Fahrzeugbremsenmoments um einen zweiten vorgegebenen Inkrementwert angesteuert wird. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 420 verzweigt.

30

Bei Programmpunkt 420 prüft die Regeleinheit 1, ob die Kupplung des Fahrzeugs bereits vollständig geöffnet ist. Dies kann bspw. mit Hilfe eines Sensors zur Erfassung der Position der Kupplung oder durch ein entsprechendes Signal von der Kupplungssteuerung 30

der Regeleinheit 1 mitgeteilt werden. Ist die Kupplung des Fahrzeugs bereits vollständig geöffnet, so wird zu einem Programmpunkt 425 verzweigt, andernfalls wird zu einem Programmpunkt 430 verzweigt.

5 Bei Programmpunkt 430 prüft die Regeleinheit 1, ob die Istgeschwindigkeit kleiner oder gleich der Sollgeschwindigkeit ist. Ist dies der Fall, so wird zu Programmpunkt 405 verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 415 verzweigt.

10 Bei Programmpunkt 425 veranlasst die Regeleinheit 1 die Fahrzeugbremsensteuerung 35 über die Fahrzeugbremsvorgabeeinheit 25 zur kontinuierlichen Rücknahme des Fahrzeugbremsmoments. Die kontinuierliche Rücknahme des Fahrzeugbremsmoments kann dabei derart vorgegeben sein, dass eine unerwünscht ruckartige Beschleunigung vermieden wird. Die kontinuierliche Rücknahme des Fahrzeugbremsmoments kann dabei bspw.
15 über eine auf einem Prüfstand und/oder bei Fahrversuchen in Abhängigkeit der Fahrsituation oder dem Betriebszustand der Antriebseinheit applizierte zeitliche Rampenfunktion umgesetzt werden. Dabei können mehrere solcher applizierten zeitlichen Rampenfunktionen in der Regeleinheit 1 oder in einem der Regeleinheit 1 zugeordneten Speicher in Zuordnung zu einer jeweiligen Fahrsituation bzw. den Zuordnung zu einem jeweiligen Betriebszustand der Antriebseinheit abgelegt sein. Für die Auswahl einer geeigneten zeitlichen
20 Rampenfunktion nach Abschluss des Übergangs bei Programmpunkt 425 kann die aktuelle Fahrsituation bspw. anhand der Steigung des Gefälles und der Betriebszustand der Antriebseinheit bspw. auf der Grundlage von Betriebskenngrößen wie Motordrehzahl und Getriebeübersetzung, sowie bspw. Motortemperatur, Saugrohrdruck und Umweltbedingungen, wie bspw. Umgebungstemperatur und Umgebungsdruck, in dem Fachmann
25 bekannter Weise berücksichtigt werden. Anschließend wird das Programm verlassen.

30 Gemäß Figur 7 ist ein Ablaufplan dargestellt, der die Funktionsweise der Regeleinheit 1 für den Fall eines Übergangs vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung beschreibt. Dieser Übergang erfolgt bei Programmpunkt 165 des Ablaufplans nach Figur 1 für den Fall, dass das Fahrpedal nicht betätigt ist, also ein Schubbetrieb vorliegt. Der Ablaufplan nach Figur 7 beschreibt konkret den Vorgang beim Schließen der Kupplung. Der Verbrennungsmotor kann dabei bspw. wie zuvor beschrieben gestartet werden. Alternativ kann der Verbrennungsmotor auch mittels eines Direktstarts bspw. eines direkteinspritzenden Benzinmotors ohne Anlasser innerhalb von zwei bis drei

Verbrennungsvorgängen gestartet werden kann. Ein solcher Direktstart erlaubt einen effizienten und komfortablen Start/Stop-Betrieb, bei dem der Verbrennungsmotor aus dem Fahrzeugstillstand zum Beispiel beim Ampelstop gestartet werden.

5 Vorausgesetzt für den Ablauf des Programms nach Figur 7 ist wiederum eine Aktivierung der Regeleinheit 1 über die Aktivierungsmittel 15.

10 Nach dem Start des Programms veranlasst die Regeleinheit 1 bei einem Programmpunkt 505 über die Fahrzeugbremsvorgabeeinheit 25 die Fahrzeugbremsensteuerung 35 zur kontinuierlichen Erhöhung des Fahrzeugbremsmomentes auf einen bspw. in der Regeleinheit 1 gespeicherten vorgegebenen Fahrzeugbremsmomentenwert bspw. ebenfalls gemäß einer vorgegebenen zeitlichen Rampenfunktion. Die kontinuierliche Erhöhung des Fahrzeugbremsmomentes kann dabei derart vorgegeben sein, dass eine unerwünscht ruckartige Verzögerung des Fahrzeugs beim Einkuppeln vermieden wird. Die kontinuierliche Erhöhung des Fahrzeugbremsmomentes kann dabei bspw. über eine auf einem Prüfstand und/oder bei Fahrversuchen in Abhängigkeit der Fahrsituation oder dem Betriebszustand der Antriebseinheit applizierte zeitliche Rampenfunktion umgesetzt werden. Dabei können mehrere solcher applizierten zeitlichen Rampenfunktionen in der Regeleinheit 1 oder in einem der Regeleinheit 1 zugeordneten Speicher in Zuordnung zu einer jeweiligen Fahrsituation bzw. den Zuordnung zu einem jeweiligen Betriebszustand der Antriebseinheit abgelegt sein. Für die Auswahl einer geeigneten zeitlichen Rampenfunktion unmittelbar vor Beginn des Übergangs bei Programmpunkt 505 kann die aktuelle Fahrsituation bspw. anhand der Steigung des Gefälles und der Betriebszustand der Antriebseinheit bspw. auf der Grundlage von Betriebskenngrößen wie Motordrehzahl und Getriebeübersetzung, sowie bspw. Motortemperatur, Saugrohrdruck und Umweltbedingungen, wie bspw. Umgebungstemperatur und Umgebungsdruck, in dem Fachmann bekannter Weise berücksichtigt werden. Auf diese Weise wird eine unerwünschte, insbesondere ruckartige Verzögerung des Fahrzeugs beim Einkuppeln, vermieden. Der vorgegebene Fahrzeugbremsmomentwert kann bspw. so gewählt werden, dass er etwa dem Motorbremsmoment unmittelbar nach Ende des Übergangs in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung entspricht. Dabei kann der vorgegebene Fahrzeugbremsmomentenwert bspw. ebenfalls im Rahmen Fahrversuchen derart appliziert werden, dass er etwa einem Mittelwert der bei diesen Fahrversuchen sich unmittelbar nach Ende des Übergangs in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung einstellenden Motorbremsmomente entspricht. Der vorgege-

bene Fahrzeugbremsmomentenwert erschütterte ebenfalls in der Regeleinheit 1 oder in einem der Regeleinheit 1 zugeordneten Speicher abgelegt sein. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 510 verzweigt.

5 Bei Programmpunkt 510 veranlasst die Regeleinheit 1 die Kupplungssteuerung 30 über die Kupplungsvorgabeeinheit 20, die Kupplung des Fahrzeugs um einen ersten vorgegebenen Dekrementwert zu schließen. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 515 verzweigt.

10 Bei Programmpunkt 515 prüft die Regeleinheit 1, ob die Istgeschwindigkeit kleiner als die Sollgeschwindigkeit ist. Ist dies der Fall, so wird zu einem Programmpunkt 520 verzweigt, andernfalls wird zum Programmpunkt 510 zurück verzweigt.

15 Bei Programmpunkt 520 veranlasst die Regeleinheit 1 die Fahrzeugbremsensteuerung 35 über die Fahrzeugbremsvorgabeeinheit 25 zur Dekrementierung des Fahrzeugbremsmomentes um einen zweiten vorgegebenen Dekrementwert. Anschließend wird zu einem Programmpunkt 525 verzweigt.

20 Bei Programmpunkt 525 prüft die Regeleinheit 1, ob die Kupplung des Fahrzeugs vollständig geschlossen ist. Dies kann ebenfalls mit Hilfe des bereits beschriebenen Kupplungssensors oder eines Informationssignals der Kupplungssteuerung 30 erfolgen. Ist die Kupplung des Fahrzeugs vollständig geschlossen, so wird zu einem Programmpunkt 530 verzweigt, andernfalls wird zu einem Programmpunkt 540 verzweigt.

25 Bei Programmpunkt 540 prüft die Regeleinheit 1, ob die Istgeschwindigkeit größer oder gleich der Sollgeschwindigkeit ist. Ist dies der Fall, so wird zu Programmpunkt 510 zurück verzweigt, andernfalls wird zu Programmpunkt 520 zurück verzweigt.

30 Bei Programmpunkt 530 prüft die Regeleinheit 1, ob noch ein Fahrzeugbremsmoment vorliegt. Dies kann bspw. von der Fahrzeugessteuerung 35 der Regeleinheit 1 mitgeteilt werden. Peter noch ein Fahrzeugbremsmoment vor, so wird zu einem Programmpunkt 535 verzweigt, andernfalls wird das Programm verlassen.

Bei Programmpunkt 535 veranlasst die Regeleinheit 1 die Fahrzeugebremsensteuerung 35 über die Fahrzeugbremsvorgabeeinheit 25 des Fahrzeugbremsmoments kontinuierlich bspw. mittels der bereits beschriebenen zeitlichen Rampenfunktion zurückzunehmen, um eine ruckartige Beschleunigung des Fahrzeugs zu vermeiden. Anschließend wird das Programm verlassen.

Die beschriebenen Inkrementwerte und Dekrementwerte sollten so gewählt sein, dass Ihre Umsetzung nicht zu einer für den Fahrer spürbaren ruckartigen Verzögerung oder Beschleunigung des Fahrzeugs führt. Die beschriebenen Inkrementwerte und Dekrementwerte kann dabei ebenfalls in der Regeleinheit 1 oder einem zugeordneten Speicher abgelegt sein.

Mit Hilfe der Regeleinheit 1 wird somit eine Koordination des Bremseneingriffs und des Kupplungseingriffs realisiert, die für den Übergang einen im wesentlichen konstanten Wert für die Fahrzeuggeschwindigkeit gewährleistet. Entsprechend kann die Regeleinheit 1 den Bremseneingriff und den Kupplungseingriff derart koordinieren, dass allgemein für den Übergang ein im wesentlichen konstanter Wert für eine Ausgangsgröße der Antriebseinheit, beispielsweise ein Raddrehmoment realisiert werden kann.

Alternativ kann es vorgesehen sein, dass statt der ersten Vorrichtung 40 eine zweite Vorrichtung 45 verwendet wird. Die zweite Vorrichtung 45 kann ebenfalls in einer Motorsteuerung des Fahrzeugs implementiert sein. Die zweite Vorrichtung 45 ist in Figur 5 in Form eines Blockschaltbilds dargestellt und umfasst eine Steuervorrichtung 50. Die Steuervorrichtung 50 ist mit der Aktivierungseinheit 15 verbunden. Ferner ist an die Steuervorrichtung 50 eine Fahrzeugmassenermittlungseinheit 55, eine Steigungsermittlungseinheit 60, eine Getriebesteuerung 65 und eine Motordrehzahlermittlungseinheit 70 angeschlossen. Die Fahrzeugmassenermittlungseinheit 55 ermittelt die Fahrzeugmasse in dem Fachmann bekannter Weise bspw. auf der Grundlage der fahrdynamischen Gleichung. Alternativ kann ein Wert für die Fahrzeugmasse in der Fahrzeugmassenermittlungseinheit 55 gespeichert sein. Die Steigungsermittlungseinheit 60 ermittelt die Steigung der aktuell befahrenen Fahrbahn bspw. auf der Grundlage der von einem in Figur 5 nicht dargestellten Geschwindigkeitssensor ermittelten Geschwindigkeit des Fahrzeugs und einer daraus abgeleiteten Geschwindigkeitsänderung bzw. Beschleunigung. Die Getriebesteuerung 65 gibt dann an die Steuervorrichtung 50 einen Wert für die aktuelle

Getriebeübersetzung, insbesondere für einen eingelegten Gang oder eine eingelegte Fahrstufe, ab. Die Motordrehzahlermittlungseinheit 70 kann bspw. in dem Fachmann bekannter Weise als Drehzahlsensor ausgebildet sein und die Drehzahl des Verbrennungsmotors messen.

5

Die Steuerungsvorrichtung 50 ist mit der Kupplungssteuerung 30 und der Fahrzeugbremsensteuerung 35 verbunden. In der Steuervorrichtung 50 ist ein Kennfeld abgespeichert, das in Abhängigkeit der ermittelten Motordrehzahl, der ermittelten Fahrzeugmasse, des ermittelten Gefälles der Fahrbahn und der aktuellen Getriebeübersetzung, einen ersten zeitlichen Verlauf für den Kupplungseingriff an die Kupplungssteuerung 30 und einen zweiten zeitlichen Verlauf für den Fahrzeugbremseingriff an die Fahrzeugbremsensteuerung 35 abgibt. Die Kupplungssteuerung 30 betätigt dabei die Kupplung des Fahrzeugs gemäß dem ersten zeitlichen Verlauf. Die Fahrzeugbremsensteuerung 35 betätigt entsprechend die Fahrzeugbremse oder die Fahrzeugbremsen gemäß dem zweiten zeitlichen Verlauf.

10

Das Kennfeld in der Steuervorrichtung 50 kann beispielsweise mit Hilfe von Fahrversuchen derart appliziert sein, dass in Abhängigkeit der Motordrehzahl, der Fahrzeugmasse, des Gefälles der Fahrbahn und der aktuellen Getriebeübersetzung der Kupplungseingriff und der Bremseneingriff mit Hilfe des ersten zeitlichen Verlaufs und des zweiten zeitlichen Verlaufs derart koordiniert werden, dass für den Übergang ein im wesentlichen konstanter Wert für eine Ausgangsgröße der Antriebseinheit, beispielsweise die Geschwindigkeit des Fahrzeugs oder ein Raddrehmoment, realisiert werden kann. Dabei muss den Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung in den Freilaufbetrieb das Motorbremsmoment des Schubbetriebes in dem Maße durch Öffnen der Kupplung abgebaut werden, wie das Fahrzeugbremsmoment durch den Fahrzeugbremseingriff erhöht wird. Somit ergibt sich für die Zeit des Übergangs ein im wesentlichen konstantes Gesamtbremsmoment des Fahrzeugs. Dabei ist wichtig festzustellen, dass das Fahrzeugbremsmoment nicht das Motorbremsmoment und das Motorbremsmoment nicht das Fahrzeugbremsmoment umfasst.

20

25

30

Ein erstes Beispiel des ersten zeitlichen Verlaufs und den zweiten zeitlichen Verlauf ist in Figur 8 dargestellt. In Figur 8 ist der Kupplungseingriff K und der Bremseneingriff B über der Zeit t aufgetragen. Die Zeit des Übergangs vom Fahrbetrieb mit geschlossener

Kupplung zum Freilaufbetrieb reicht von einem ersten Zeitpunkt t_0 bis zu einem zweiten Zeitpunkt t_1 . Vom ersten Zeitpunkt t_0 bis zum 2. Zeitpunkt t_1 fällt der Kupplungseingriff von einem ersten Wert K_1 bis zu einem zweiten Wert K_0 ab. Der erste Wert K_1 entspricht dabei einer vollständig geschlossenen Kupplung und der zweite Wert K_0 entspricht der vollständig geöffneten Kupplung. Der erste zeitliche Verlauf für den Kupplungseingriff ist gemäß dem bei nach Figur 8 der Einfachheit halber linear und mit dem Bezugszeichen 75 gekennzeichnet. Vom ersten Zeitpunkt t_0 bis zum 2. Zeitpunkt t_1 steigt der Bremseneingriff von einem ersten Wert B_0 bis zu einem zweiten Wert B_1 an. Der erste Wert B_0 entspricht dabei bspw. einem Fahrzeugbremsmoment Null, wohingegen der zweite Wert B_1 ein Fahrzeugbremsmoment darstellt, das im wesentlichen dem Motorbremsmoment zum ersten Zeitpunkt t_0 und damit unmittelbar vor dem Übergang entspricht. Auch der zweite zeitliche Verlauf für den Bremseneingriff ist gemäß Figur 8 linear und mit dem Bezugszeichen 80 gekennzeichnet.

Ein zweites Beispiel für den ersten zeitlichen Verlauf und den zweiten zeitlichen Verlauf ist in Figur 9 dargestellt. In Figur 9 ist wiederum der Kupplungseingriff K und der Bremseneingriff B über der Zeit t aufgetragen. Die Zeit des Übergangs vom Freilaufbetrieb zum Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung reicht dabei von einem dritten Zeitpunkt t_2 bis zu einem vierten Zeitpunkt t_3 . Vom 3. Zeitpunkt t_2 bis zum vierten Zeitpunkt t_3 steigt der Kupplungseingriff von einem dritten Wert K_2 bis zu einem vierten Wert K_3 in diesem Beispiel linear an, gemäß eines für den Übergang vom Freilaufbetrieb zum Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung ersten zeitlichen Verlaufs 85. Der dritte Wert K_2 entspricht dabei einer vollständig geöffneten Kupplung und der vierte Wert K_3 entspricht einer vollständig geschlossenen Kupplung. Vom 3. Zeitpunkt t_2 bis zum vierten Zeitpunkt t_3 sinkt der Bremseneingriff von einem dritten Wert B_3 bis zu einem vierten Wert B_2 in diesem Beispiel linear ab. Der dritte Wert B_3 entspricht dabei einem Fahrzeugbremsmoment, das vor dem Übergang von Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung eingestellt wurde und etwa dem durch den Übergang mit Erreichen der vollständig geschlossenen Kupplung einzustellenden Motorbremsmoment entsprechen sollte. Der vierte Wert B_2 entspricht beispielsweise dem Fahrzeugbremsmoment Null. Der für den Übergang vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mitgeschlossener Kupplung verwendete zweite zeitliche Verlauf ist in Figur 9 mit dem Bezugszeichen 90 gekennzeichnet.

Der zweite Wert B1 und der vierte Wert B2 für den Bremseneingriff bzw. das einzustellende Fahrzeugbremsmoment können als Bestandteile bzw. Endpunkte des zweiten zeitlichen Verlaufs in Abhängigkeit der beschriebenen Eingangsgrößen des Kennfeldes mit Hilfe des Kennfeldes modelliert werden.

5

Der erste zeitliche Verlauf und der zweite zeitliche Verlauf werden jeweils unmittelbar vor dem jeweiligen Übergang in Abhängigkeit der aktuellen Eingangsgrößen des Kennfeldes ermittelt und über die von Kupplungssteuerung 30 und die Fahrzeugbremsensteuerung 35 umgesetzt.

10

Gemäß Figur 10 ist ein Beispiel für einen zeitlichen Verlauf der Fahrzeuggeschwindigkeit und des Raddrehmoments dargestellt. Mit v1 ist ein erster Verlauf für die Fahrzeuggeschwindigkeit dargestellt, bei dem zu einem fünften Zeitpunkt t4 ein Übergang von einem Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung zu einem Freilaufbetrieb eingeleitet wird. Der Übergang dauert vom fünften Zeitpunkt t4 bis zu einem sechsten Zeitpunkt t5. Während des Übergangs kommt es gemäß Figur 10 beim ersten Verlauf v1 für die Fahrzeuggeschwindigkeit zu mehreren Verzögerungs- und Beschleunigungsvorgängen. Anschließend nimmt die Fahrzeuggeschwindigkeit im Freilaufbetrieb zu. Weiterhin ist in Figur 10 ein zweiter Verlauf v2 für die Fahrzeuggeschwindigkeit, gestrichelt dargestellt. Beim zweiten Verlauf v2 wird während des Übergangs vom fünften Zeitpunkt t4 bis zum sechsten Zeitpunkt t5 das erfindungsgemäße Verfahren angewandt und die Ausgangsgröße der Antriebseinheit im wesentlichen konstant gehalten. Deshalb ist beim zweiten Verlauf v2 während des Übergangs die Fahrzeuggeschwindigkeit im wesentlichen konstant bzw. steigt leicht kontinuierlich an, jedoch ohne die abwechselnden Verzögerungen und Beschleunigungen gemäß dem ersten Verlauf v1. Nach dem sechsten Zeitpunkt t5 steigt der zweite Verlauf v2 dann weniger stark und damit komfortabler an als der erste Verlauf v1. In Figur 10 ist auch ein dritter Verlauf v3 der Fahrzeuggeschwindigkeit dargestellt, der sich ergibt, wenn nicht vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung in den Freilaufbetrieb umgeschaltet wird, sodass das Motorbremsmoment auch nach dem sechsten Zeitpunkt t5 wirkt. Der dritte Verlauf v3 weist zwar keine abwechselnden Verzögerungen und Beschleunigungen zwischen dem fünften Zeitpunkt t4 und dem sechsten Zeitpunkt t5 auf und steigt nach dem sechsten Zeitpunkt t5 weniger stark an, als die beiden anderen Verläufe. Dafür wird aber beim dritten Verlauf v3 im Schubbetrieb, also im Fahrbetrieb mit

15

20

25

30

geschlossener Kupplung nicht die Kraftstoffeinsparung und die Reduktion der Abgasemissionen erreicht wie beim ersten Verlauf v1 oder beim zweiten Verlauf v2.

5 Weiterhin ist gemäß Figur 10 ein erster Verlauf r1 für das Raddrehmoment über der Zeit dargestellt, der sich ergibt, wenn ein Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung in den Freilaufbetrieb stattfindet. Dabei ergeben sich zwischen dem fünften Zeitpunkt t4 und dem sechsten Zeitpunkt t5 Schwankungen, die vom Fahrer als unangenehm empfunden werden. Gemäß einem zweiten Verlauf r2 des Raddrehmoments wird für den Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung in den Freilaufbetrieb das
10 erfindungsgemäße Verfahren angewandt und deshalb während der Zeit des Übergangs das Raddrehmoment im wesentlichen konstant gehalten. Erst nach dem sechsten Zeitpunkt t5 wird das Raddrehmoments gemäß den zweiten Verlauf r2 kontinuierlich und für den Fahrer komfortabel abgesenkt war, beispielsweise gemäß der beschriebenen zeitlichen Rampenfunktion.

15 Dabei ist dem Diagramm nach Figur 10 vorausgesetzt, dass etwa zum fünften Zeitpunkt t4 ein Gefälle erkannt wird. Deshalb ist bis zum fünften Zeitpunkt t4 die Fahrzeuggeschwindigkeit und das Raddrehmoment jeweils im wesentlichen konstant. Da etwa zum fünften Zeitpunkt t4 das Gefälle erkannt wird, wird zum fünften Zeitpunkt t4 der Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung in den Freilaufbetrieb eingeleitet und zum sechsten Zeitpunkt t5 abgeschlossen, wobei die Fahrzeuggeschwindigkeit nach dem
20 sechsten Zeitpunkt t5 aufgrund des Kennfeldes sowohl im Freilaufbetrieb gemäß dem ersten Verlauf v1 und den zweiten Verlauf v2 als auch im Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung gemäß dem dritten Verlauf v3 aufgrund des Gefälles ansteigt. Der Anstieg fällt dabei für den ersten Verlauf v1 am stärksten aus, weil dort einfach zum fünften Zeitpunkt t4 bereits ausgekuppelt wurde, ohne den Anstieg der Geschwindigkeit durch die Fahrzeugbremse abzumildern. Gemäß dem zweiten Verlauf v2 ist der Anstieg der Fahrzeuggeschwindigkeit nach dem sechsten Zeitpunkt t5 jedoch abgemildert auf Grund des Fahrzeugbremseingriffs und daher für den Fahrer komfortabler.

25 30 Aufgrund des erkannten Gefälles fällt nach dem sechsten Zeitpunkt t5 der zweite Verlauf r2 des Raddrehmoments ab, jedoch weniger stark als der erste Verlauf r1 bereits während der Zeit des Übergangs, was ebenfalls an den beschriebenen Fahrzeugbremseingriff liegt.

Das erfindungsgemäße Verfahren wurde an einem Beispiel beschrieben, bei dem sowohl ein Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung in den Freilaufbetrieb als auch vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung vorliegt. Alternativ lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren in entsprechender Weise anwenden, wenn nur ein Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung in den Freilaufbetrieb oder nur ein Übergang vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung vorliegt.

Im Falle von Lastkraftwagen, bei denen so genannte Retarder verwendet werden, kann ein solcher Retarder auch den Fahrzeugbremseingriff übernehmen. Auf diese Weise wird der Bremsenverschleiß verringert.

Zukünftig werden vermehrt so genannte vorausschauende Assistenzsysteme im Fahrzeug zum Einsatz kommen. Diese ermitteln aus der aktuellen Verkehrsumgebung, beispielsweise durch Auswertung eines Abstandssensors, den Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug bzw. einem vorausliegenden Verkehrshindernis, und aus digitalen Karten von Navigationssystemen eine virtuelle Straße, in der alle relevanten Informationen entlang des zukünftigen Fahrweges abgelegt sind. Auf diese Weise lässt sich ermitteln, wann das Fahrzeug eine Gefällstrecke erreicht.

Bei Verzögerungen des Fahrzeugs ist der Einsatz des Freilaufbetriebs mit Abschalten des Verbrennungsmotors ein wichtiges Ziel einer Fahrstrategie zur Verbrauchsoptimierung. Dabei rollt das Fahrzeug mit geöffneter Kupplung und abgestelltem Verbrennungsmotor mit reduzierter Reibung. Bei Gefällstrecken ergeben sich so Kraftstoffeinsparpotenziale von 15 bis 40 Prozent. Ein solches Abschalten des Verbrennungsmotors hat den zusätzlichen Vorteil, dass ein ggf. vorhandener Katalysator ein Abschalten des Verbrennungsmotors erheblich weniger auskühlt, als während des üblichen Schubbetriebes. Dies führt zu weniger Schadstoffen bei einem nachfolgenden Motorstart.

Der Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung in den Freilaufbetrieb bzw. vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung kann unabhängig von der Fahrsituation, beispielsweise vom Detektieren eines Gefälles bzw. einer durch die Fahrsituation gegebenen Bedingung zum Beenden des Freilaufbetriebes auch abhängig vom Betriebszustand der Antriebseinheit erfolgen, um unerwünschte Beschleunigungen

oder Verzögerungen des Fahrzeugs zu vermeiden. Dabei kann beispielsweise der Übergang vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung dann gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren erfolgen, wenn festgestellt wird, dass die Bremswirkung des Bremskraftverstärkers bei einer Fahrt auf einer Fahrbahn mit Gefälle zu

5 schwach ist, um das Fahrzeug ausreichend zu bremsen. Umgekehrt kann der Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung in den Freilaufbetrieb bspw. dann gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens durchgeführt werden, wenn ein Fahrerwunsch zum Übergang in den Leerlaufbetriebszustand detektiert wird.

10 Freilaufbetrieb ist in den beschriebenen Ausführungsbeispielen der Betrieb des Fahrzeugs mit vollständig geöffneter Kupplung. Dabei kann wie in diesem Beispiel beschrieben während des Freilaufbetriebes auch der Verbrennungsmotor ausgeschaltet werden.

30.01.03 St/Kei

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Ansprüche

15

1. Verfahren zur Steuerung der Antriebseinheit eines Fahrzeugs, bei dem in Abhängigkeit einer Fahrsituation oder eines Betriebszustandes der Antriebseinheit ein Freilaufbetrieb eingestellt wird, bei dem sich das Fahrzeug mit geöffneter Kupplung bewegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Übergang zwischen einem Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung und dem Freilaufbetrieb eine Ausgangsgröße der Antriebseinheit, vorzugsweise ein Drehmoment oder eine Fahrzeuggeschwindigkeit, auf einen konstanten Wert eingestellt wird.

20

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der konstante Wert für die Ausgangsgröße durch Koordination eines Kupplungseingriffs und eines Eingriffs einer Fahrzeugbremse eingestellt wird.

25

3. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der konstante Wert für die Ausgangsgröße mittels einer Regelung eingestellt wird.

30

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der konstante Wert für die Ausgangsgröße mit Hilfe eines Kennfeldes in Abhängigkeit einer Motordrehzahl, eines Motorschleppmomentes, einer Fahrzeugmasse, eines Gefälles der Fahrbahn und einer aktuellen Getriebeübersetzung, insbesondere eines eingelegten Ganges oder einer eingelegten Fahrstufe, eingestellt wird.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Übergang vom Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung in den Freilaufbetrieb

eine Bremswirkung einer aktivierten Fahrzeugbremse abhängig von der Fahrsituation oder dem Betriebszustand der Antriebseinheit zurückgenommen wird.

- 5 6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Übergang vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung eine Bremswirkung einer Fahrzeugbremse abhängig von der Fahrsituation oder dem Betriebszustand der Antriebseinheit erhöht wird.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass im Freilaufbetrieb ein Verbrennungsmotor der Brennkraftmaschine ausgeschaltet wird.
- 15 8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Übergang vom Freilaufbetrieb in den Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung ein Verbrennungsantrieb durch den Motor des Fahrzeugs durch sequenzielles Einsetzen der Kraftstoffeinspritzung, mit Hilfe einer Füllungsregelung und/oder mit Unterstützung durch einen Elektromotor wieder eingeschaltet wird.
- 20 9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bevor der Verbrennungsmotor wieder mit dem Antriebsstrang verbunden wird, die Motordrehzahl auf eine vorgegebene Drehzahldifferenz zur Drehzahl des Antriebsstranges geregelt wird.
- 25 10. Vorrichtung (40, 45) zur Steuerung der Antriebseinheit eines Fahrzeugs, das in Abhängigkeit einer Fahrsituation oder eines Betriebszustandes der Antriebseinheit in einem Freilaufbetrieb betrieben wird, bei dem sich das Fahrzeug mit geöffneter Kupplung bewegt, **dadurch gekennzeichnet, dass** Mittel (1, 50) vorgesehen sind, die beim Übergang zwischen einem Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung und dem Freilaufbetrieb eine Ausgangsgröße der Antriebseinheit, vorzugsweise ein Drehmoment oder eine Fahrzeuggeschwindigkeit, auf einen konstanten Wert einstellen.
- 30

30.01.03 St/Kei

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung der Antriebseinheit eines Fahrzeugs

Zusammenfassung

15

Es wird ein Verfahren zur Steuerung der Antriebseinheit eines Fahrzeugs vorgeschlagen, bei dem ein verlängerter Schubbetrieb mit reduziertem Kraftstoffverbrauch und reduzierter Schadstoffemission ermöglicht wird. Dabei wird in Abhängigkeit einer Fahrsituation oder eines Betriebszustandes der Antriebseinheit ein Freilaufbetrieb eingestellt, bei dem sich das Fahrzeug mit geöffneter Kupplung bewegt. Beim Übergang zwischen einem Fahrbetrieb mit geschlossener Kupplung und dem Freilaufbetrieb wird eine Ausgangsgröße der Antriebseinheit, vorzugsweise ein Drehmoment oder eine Fahrzeuggeschwindigkeit, auf einen konstanten Wert eingestellt.

20

Fig. 1

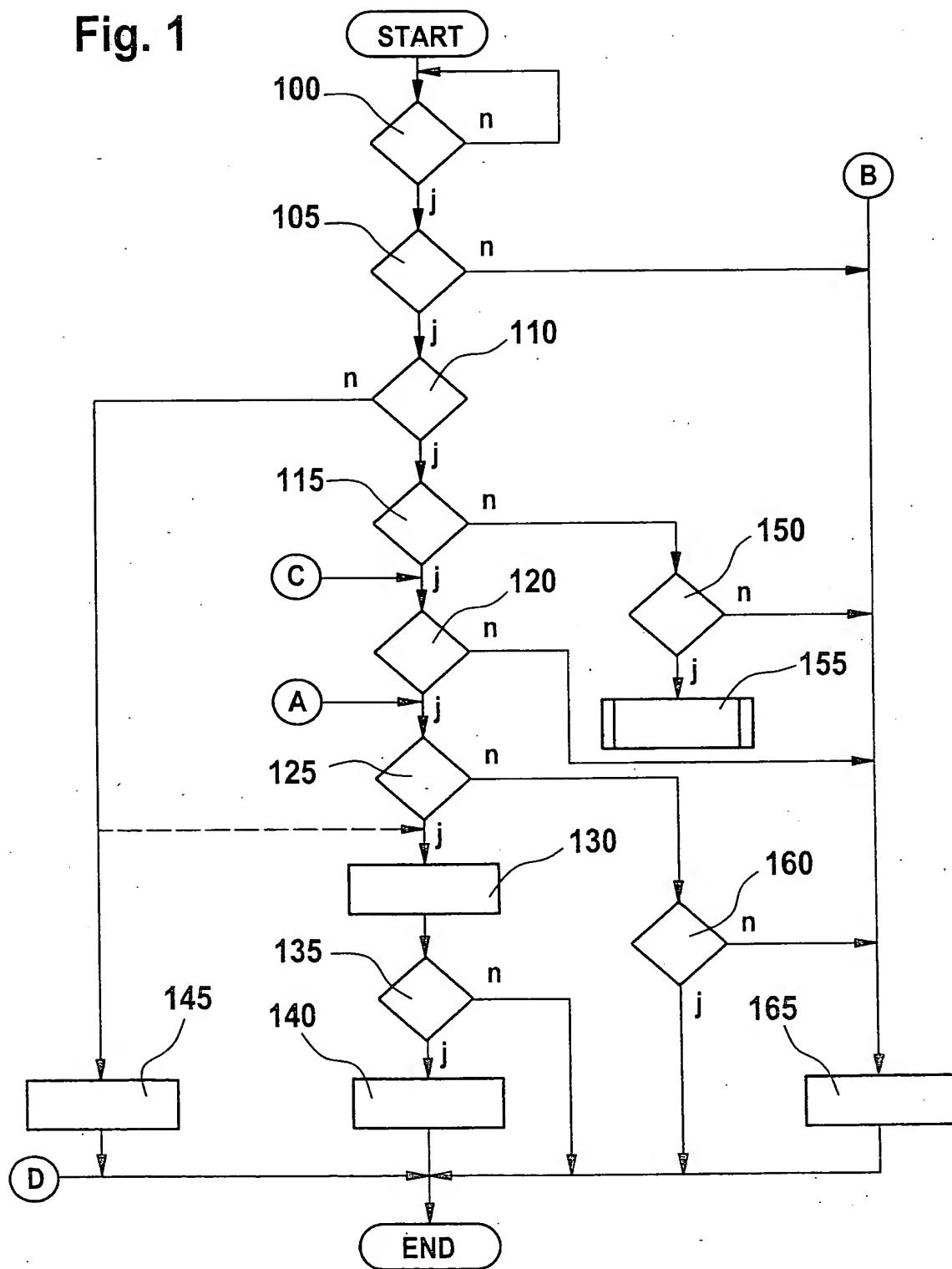


Fig. 2

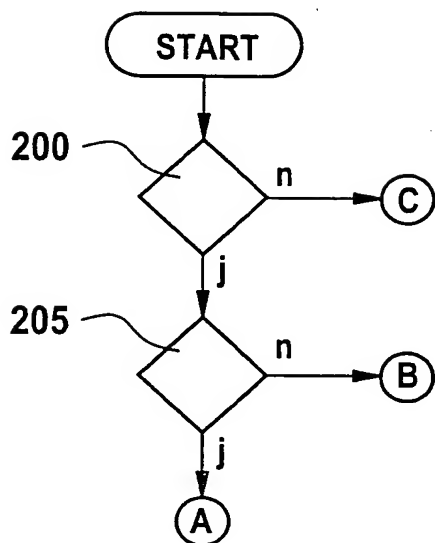


Fig. 3

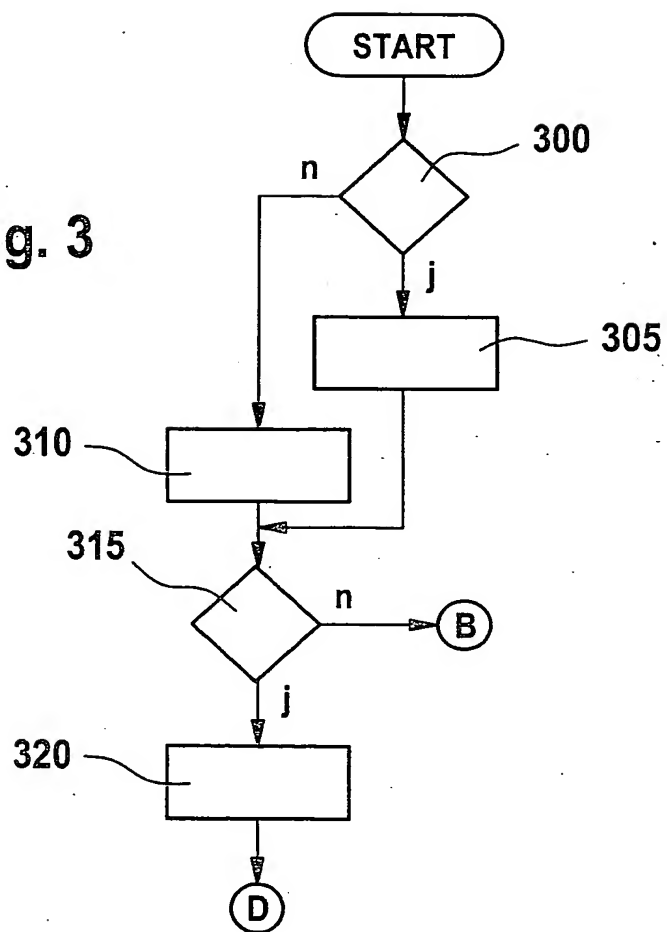


Fig. 4

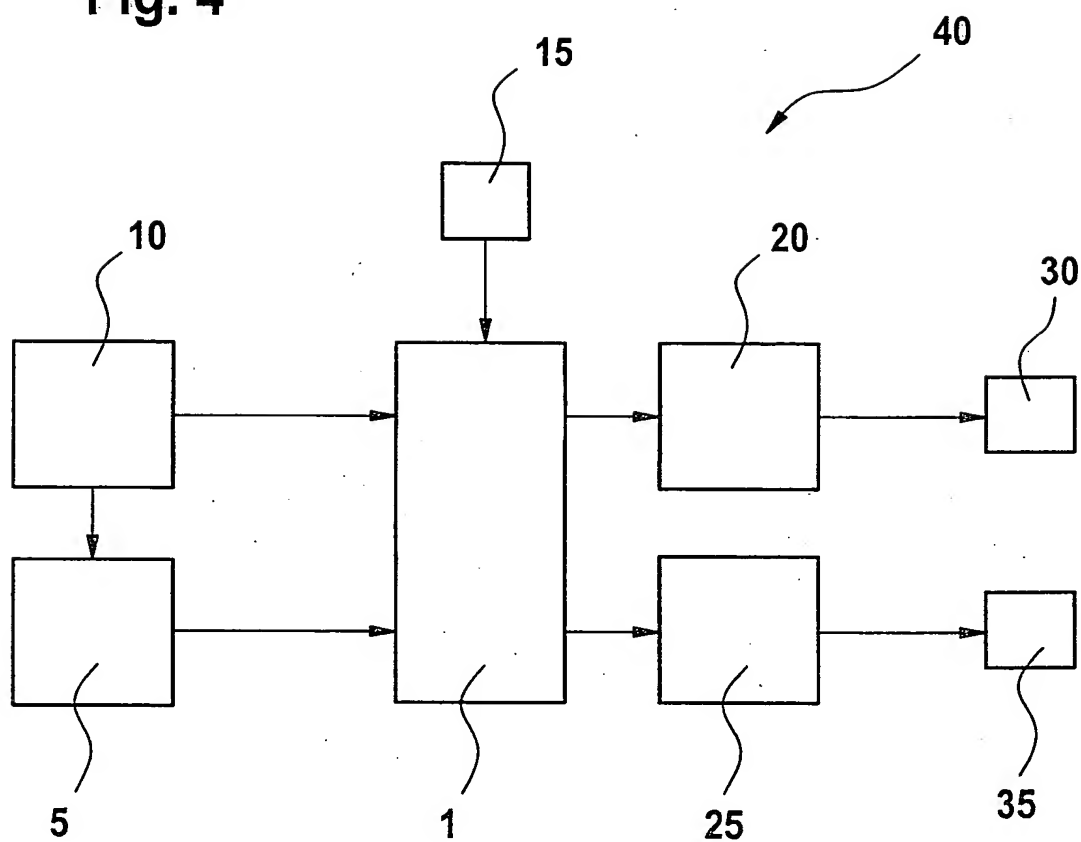


Fig. 5

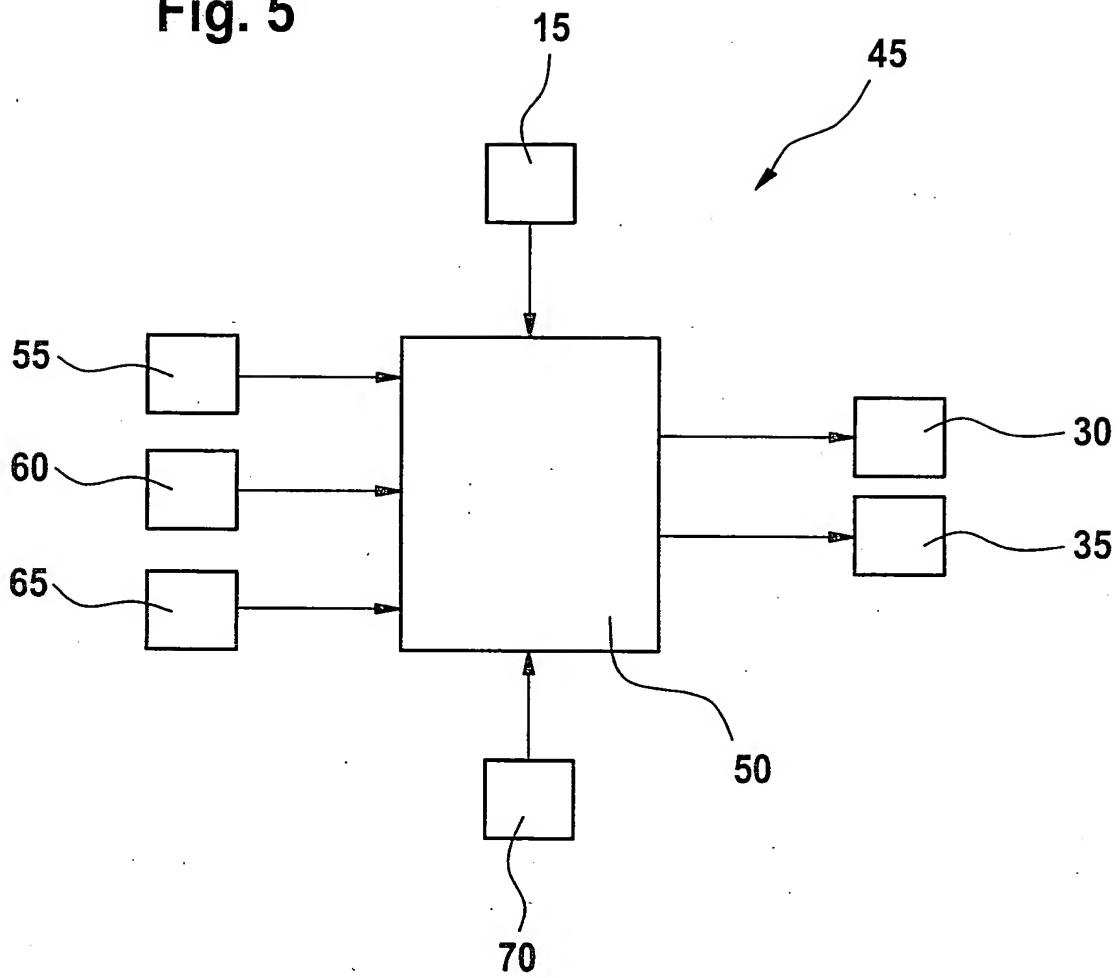


Fig. 6

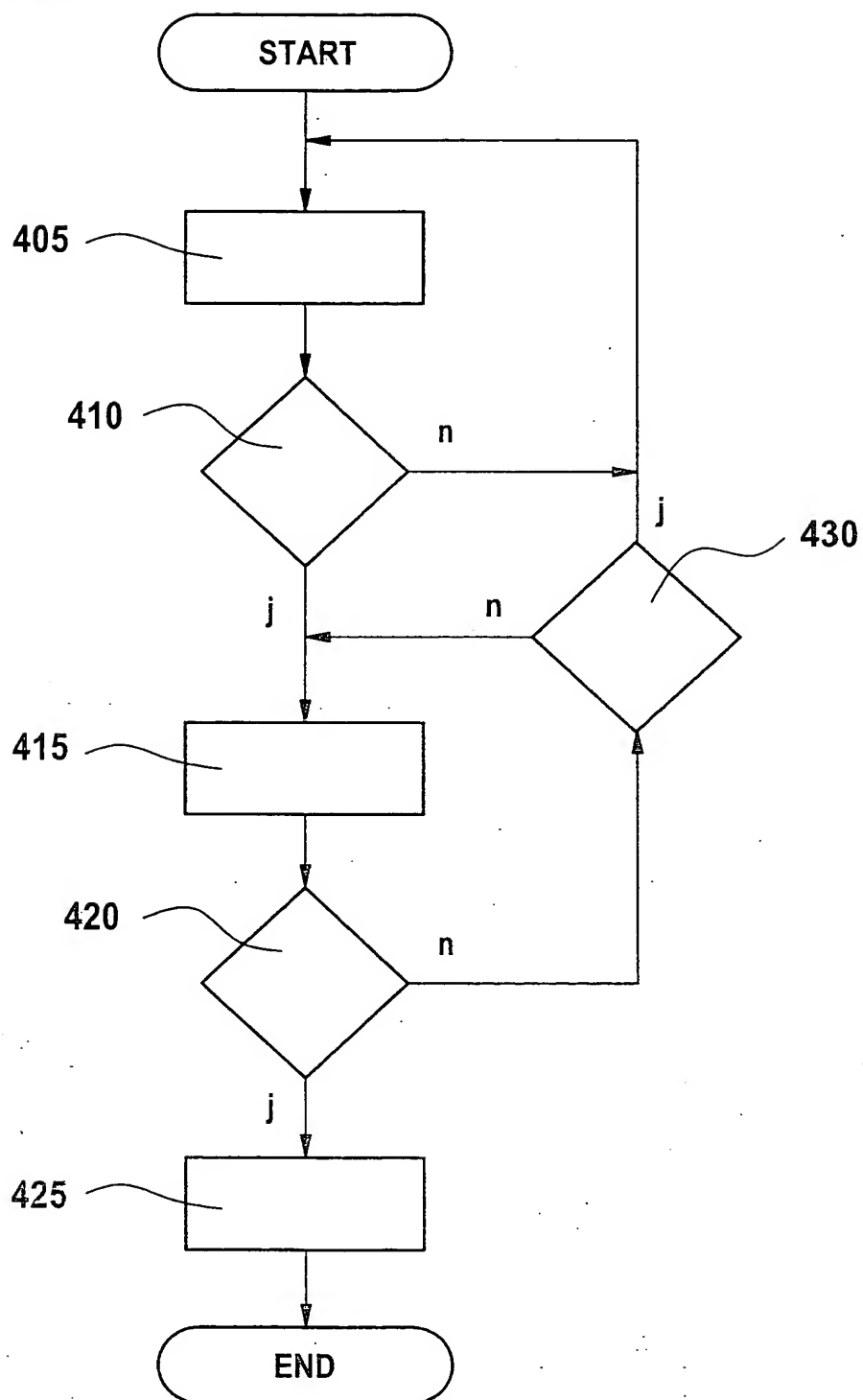
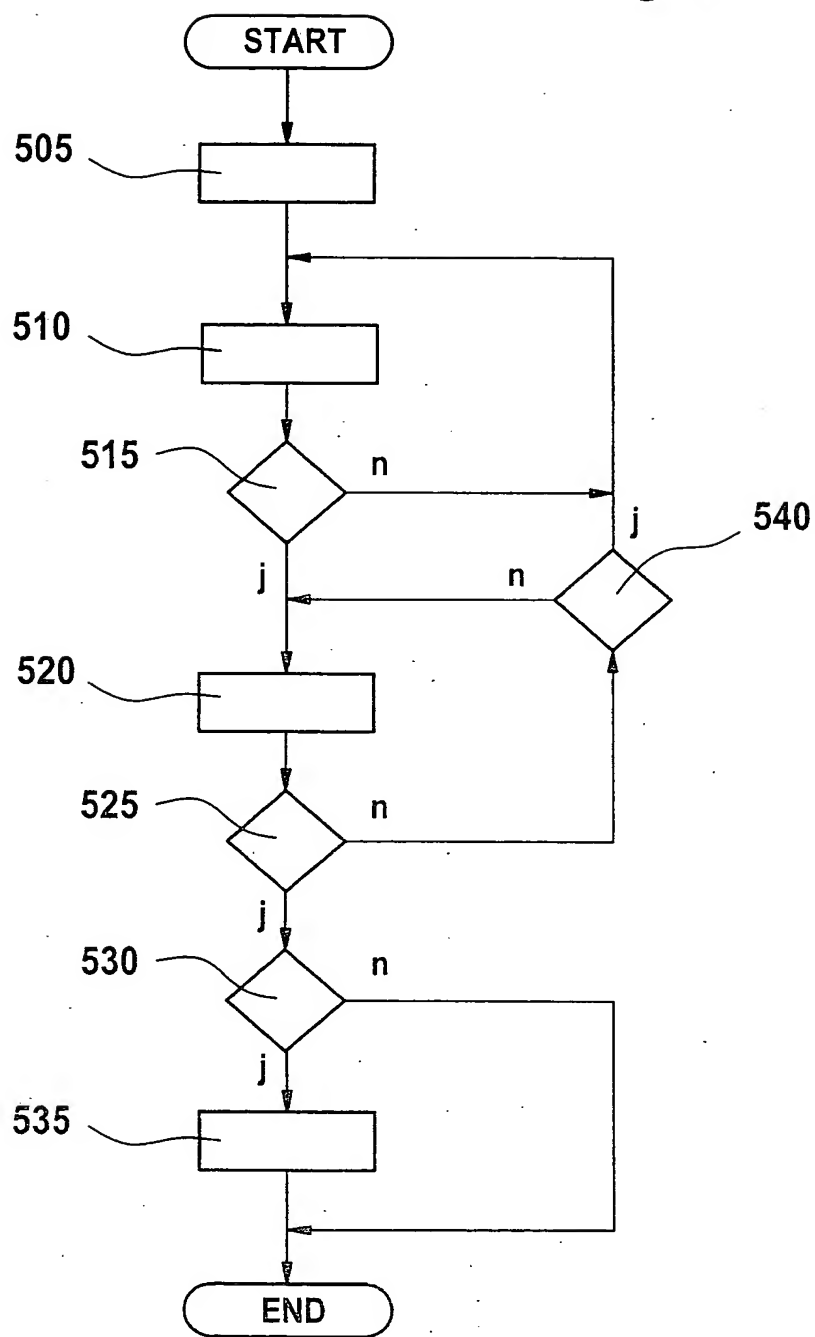


Fig. 7



7 / 8

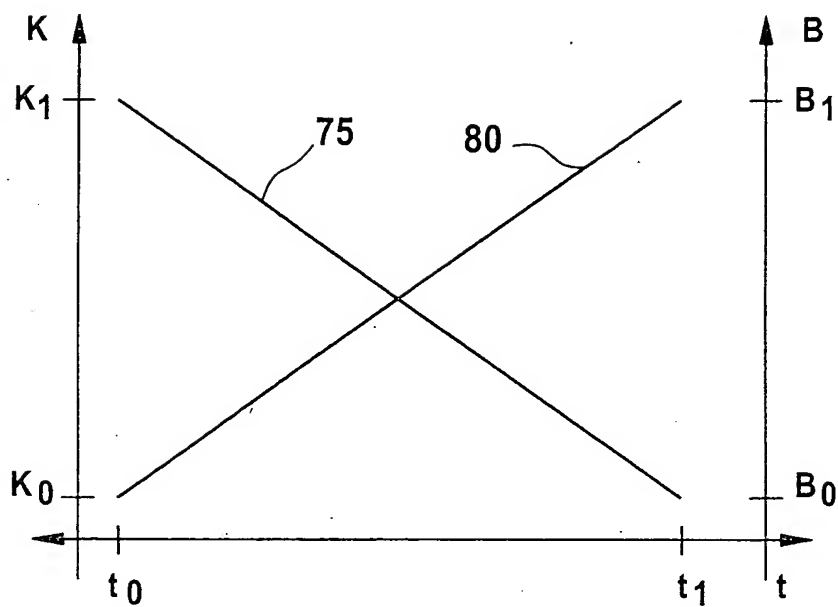


Fig. 8

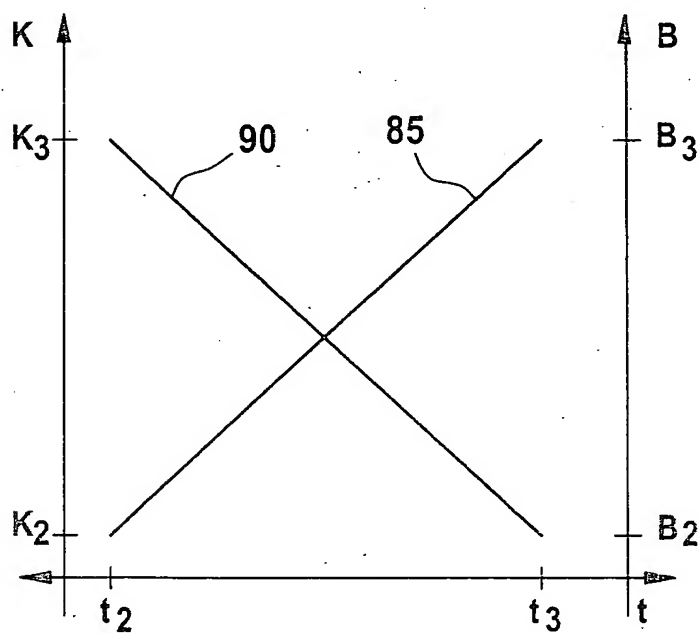


Fig. 9

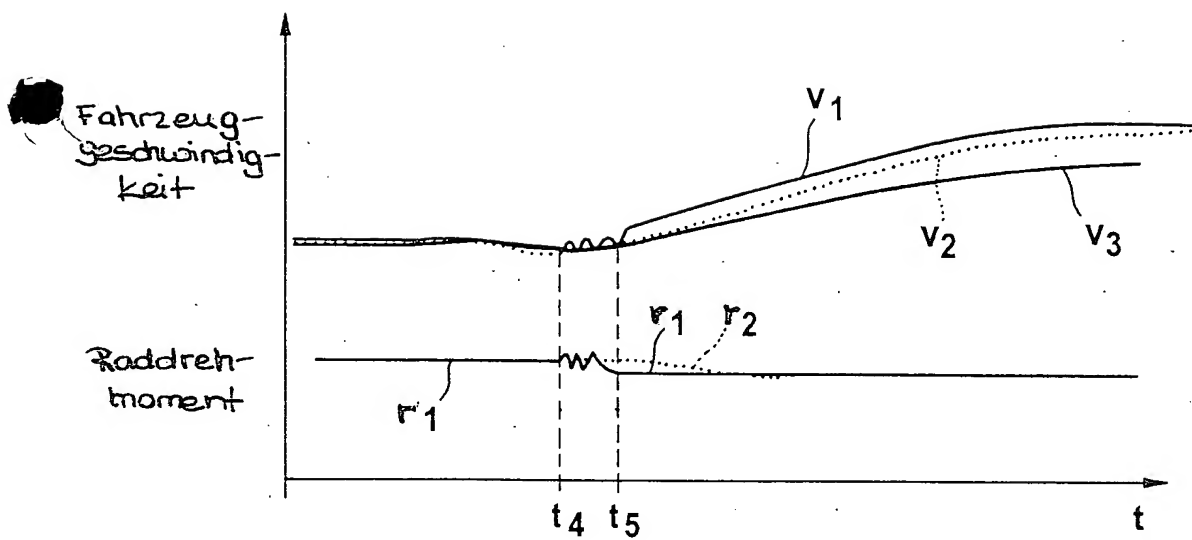


Fig. 10